



**Norme  
internationale**

**ISO 19659-4**

**Applications ferroviaires —  
Systèmes de chauffage, ventilation  
et climatisation pour le matériel  
roulant —**

**Partie 4:  
Paramètres de conception et  
éléments d'essai et d'inspection  
pour l'unité HVAC**

*Railway applications — Heating, ventilation and air conditioning  
systems for rolling stock —*

*Part 4: Design parameters, and test and inspection items for the  
HVAC unit*

**Première édition  
2026-04**

# Sample Document

get full document from [standards.iteh.ai](https://standards.iteh.ai)



## DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2026

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

# Sommaire

	Page
<b>Avant-propos</b> .....	<b>v</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>vi</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes, définitions et termes abrégés</b> .....	<b>2</b>
3.1 Termes et définitions .....	2
3.2 Termes abrégés .....	2
<b>4 Prérequis (paramètres de conception) pour l'unité HVAC</b> .....	<b>3</b>
4.1 Généralités .....	3
4.2 Paramètres de conception à fournir au fabricant de l'unité HVAC .....	3
4.2.1 Exigences pour l'installation d'unités HVAC .....	3
4.2.2 Exigences relatives au débit d'air .....	3
4.2.3 Exigences de performance de refroidissement et de chauffage .....	5
4.2.4 Exigences électriques et électroniques .....	8
4.2.5 Exigences de contrôle .....	10
4.2.6 Exigences de structure .....	11
4.2.7 Exigences de résistance mécanique .....	12
4.2.8 Exigences des composants .....	12
4.2.9 Exigences de maintenance .....	13
4.2.10 Exigences environnementales .....	13
4.2.11 Exigences relatives aux bruit et aux vibrations .....	13
4.3 Résumé des paramètres de conception .....	13
<b>5 Spécification</b> .....	<b>14</b>
5.1 Généralités .....	14
5.2 Éléments d'essai ou d'inspection et spécification des exigences par le fabricant de l'unité HVAC .....	14
5.2.1 Débit volumique d'air et essai de chute de pression du système .....	14
5.2.2 Essais de refroidissement et de chauffage .....	14
5.2.3 Essai de fonctionnement .....	14
5.2.4 Fonctionnement du refroidissement et du chauffage et vérifications de sécurité .....	14
5.2.5 Essai de bruit .....	15
5.2.6 Forces bloquées (si applicable) .....	15
5.2.7 Essai de chocs et de vibrations .....	15
5.2.8 Essai d'étanchéité à l'eau .....	15
5.2.9 Essai d'étanchéité à l'air (si applicable) .....	16
5.2.10 Essai d'étanchéité à l'air (si applicable) .....	16
5.2.11 Essai de résistance d'isolation électrique et essai diélectrique .....	16
5.2.12 Essai de caractéristiques de démarrage .....	16
5.2.13 Essai de l'étanchéité du circuit de réfrigérant .....	17
5.2.14 Mesure de la masse et du centre de gravité .....	17
5.2.15 Inspection visuelle, dimensionnelle et de construction .....	17
5.2.16 Démonstration de la maintenabilité .....	17
5.2.17 Inspection du marquage et de l'étiquetage .....	17
5.2.18 Essai CEM .....	17
5.2.19 Essais sur des matériaux et des pièces spécifiques .....	17
5.3 Classification des éléments d'essai et d'inspection .....	18
<b>6 Validation et vérification</b> .....	<b>19</b>
6.1 Généralités .....	19
6.2 Instruments d'enregistrement et de mesure .....	19
6.2.1 Généralités .....	19
6.2.2 Enregistrement .....	19
6.2.3 Instruments de mesure .....	19

## ISO 19659-4:2026(fr)

6.3	Procédures d'essai et d'inspection comprenant l'installation et l'équipement d'essai, les données à consigner, la position des points de mesure et les critères.....	19
6.3.1	Débit volumique d'air et essai de chute de pression du système.....	19
6.3.2	Essai de refroidissement et de chauffage.....	22
6.3.3	Essai de fonctionnement.....	29
6.3.4	Fonctionnement du refroidissement et du chauffage et vérifications de sécurité.....	31
6.3.5	Essai de bruit.....	33
6.3.6	Essai des forces bloquées.....	38
6.3.7	Essai de chocs et de vibrations.....	40
6.3.8	Essai d'étanchéité à l'eau.....	42
6.3.9	Essai d'étanchéité à l'air.....	45
6.3.10	Essai de fuite d'air.....	47
6.3.11	Essai de résistance d'isolation électrique et essai diélectrique.....	49
6.3.12	Essai de caractéristiques de démarrage (si applicable).....	50
6.3.13	Essai de l'étanchéité du circuit de réfrigérant.....	52
6.3.14	Mesure de la masse et du centre de gravité.....	54
6.3.15	Inspection visuelle, dimensionnelle et de construction.....	55
6.3.16	Démonstration de la maintenabilité.....	57
6.3.17	Inspection du marquage et de l'étiquetage.....	57
6.3.18	Essai CEM.....	58
6.3.19	Essais sur des matériaux et des pièces spécifiés.....	61
6.4	Rapport d'essai ou d'inspection.....	62
6.4.1	Informations générales.....	62
6.4.2	Rapport d'essai de type.....	63
6.4.3	Rapport d'essai de série.....	63
<b>Annexe A (informative) Liste des paramètres de conception à fournir au fabricant de l'unité HVAC.....</b>		<b>64</b>
<b>Bibliographie.....</b>		<b>70</b>

get full document from [standards.iteh.ai](https://standards.iteh.ai)

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets). L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique TC 269, *Applications ferroviaires*, sous-comité SC 2, *Matériel roulant*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 19659 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Étant donné que l'unité de chauffage, ventilation et climatisation (HVAC) est l'un des composants principaux du système HVAC, sa qualité et ses performances représentent un enjeu clé pour l'amélioration du confort thermique et de l'efficacité énergétique du matériel roulant.

L'objectif est de:

- développer une Norme internationale commune pour la validation d'une unité HVAC,
- établir des méthodologies et des exigences basées sur les composants afin de démontrer la conformité avec les spécifications techniques de l'unité HVAC,
- établir un périmètre de responsabilité clair en cas de problèmes de performance après l'installation de l'unité HVAC sur le matériel roulant.

La justification est la suivante:

- actuellement, il n'existe aucune Norme internationale commune pour la validation d'une unité HVAC;
- de manière générale, les normes nationales et régionales existantes pour les unités HVAC sont conçues pour les systèmes de climatisation dans les bâtiments, à l'exception de quelques normes pour le matériel roulant;
- par conséquent, il est nécessaire d'unifier les méthodologies des normes portant sur les unités HVAC en un seul document;
- cela n'affectera aucune norme nationale ou régionale existante.

Sample Document

get full document from [standards.iteh.ai](https://standards.iteh.ai)

# Applications ferroviaires — Systèmes de chauffage, ventilation et climatisation pour le matériel roulant —

## Partie 4: Paramètres de conception et éléments d'essai et d'inspection pour l'unité HVAC

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des exigences et des lignes directrices pour:

- les paramètres de conception à fournir au fabricant de l'unité de chauffage, ventilation et climatisation (HVAC) par le fabricant de matériel roulant («Client») et l'opérateur ferroviaire,
- les éléments d'essai et d'inspection, les exigences et les méthodes utilisées par le fabricant de l'unité HVAC pour vérifier que l'unité HVAC est conforme aux paramètres de conception.

Le présent document est applicable aux unités HVAC pour les espaces passagers et les cabines de conduite dans les véhicules urbains (métro, tramway), suburbains, régionaux et de grandes lignes.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 3743-1, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthodes d'expertise en champ réverbéré applicables aux petites sources transportables — Partie 1: Méthode par comparaison en salle d'essai à parois dures*

ISO 3743-2, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthodes d'expertise en champ réverbéré applicables aux petites sources transportables — Partie 2: Méthodes en salle d'essai réverbérante spéciale*

ISO 3744, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthodes d'expertise pour des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant*

ISO 3745, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthodes de laboratoire pour les salles anéchoïques et les salles semi-anéchoïques*

ISO 3746, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

ISO 3747, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthode d'expertise et de contrôle pour une utilisation in situ en environnement réverbérant*

ISO 9614-2, *Acoustique — Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Partie 2: Mesurage par balayage*

ISO 19659-1, *Applications ferroviaires — Systèmes de chauffage, ventilation et climatisation pour le matériel roulant — Partie 1: Termes et définitions*

ISO 19659-2, *Applications ferroviaires — Systèmes de chauffage, ventilation et climatisation pour le matériel roulant — Partie 2: Confort thermique*

ISO 19659-3, *Applications ferroviaires — Systèmes de chauffage, ventilation et climatisation pour le matériel roulant — Partie 3: Efficacité énergétique*

IEC 60077-1, *Applications ferroviaires — Équipements électriques du matériel roulant — Partie 1: Conditions générales de service et règles générales*

IEC 60077-2, *Applications ferroviaires — Équipements électriques du matériel roulant — Partie 2: Composants électrotechniques — Règles générales*

IEC 61373, *Applications ferroviaires — Matériel roulant — Essais de chocs et vibrations*

IEC 62236-3-2, *Applications ferroviaires — Compatibilité électromagnétique — Partie 3-2: Matériel roulant — Appareils*

### 3 Termes, définitions et termes abrégés

#### 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 19659-1 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

#### 3.2 Termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les termes abrégés de l'ISO 19659-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

CA	Courant alternatif
MMT	Machine à mesurer tridimensionnelle ( <i>Coordinate Measuring Machine</i> )
DB	Thermomètre sec ( <i>Dry Bulb</i> )
CC	Courant continu
CEM	Compatibilité électromagnétique
FEM	Méthode par éléments finis ( <i>Finite Element Method</i> )
FFT	Transformée de Fourier rapide ( <i>Fast Fourier Transform</i> )
FST	Feu, Fumée et Toxicité ( <i>Fire, Smoke and Toxicity</i> )
GWP	Potentiel de réchauffement global ( <i>Global Warming Potential</i> )
HF	Haute Fréquence ( <i>High Frequency</i> )

HVAC	Chauffage, ventilation et climatisation ( <i>Heating, Ventilation and Air Conditioning</i> )
LED	Diode électroluminescente ( <i>Light Emitting Diode</i> )
PTC	Coefficient positif de température ( <i>Positive Temperature Coefficient</i> )
PTU	Unité portable d'essai ( <i>Portable Testing Unit</i> )
RMS	Valeur efficace ( <i>Root Mean Square</i> )
RPM	Tours par minute ( <i>Revolutions Per Minute</i> )
TCMS	Système de contrôle-commande du train ( <i>Train Control Monitor System</i> )
COV	Composés Organiques Volatils
WB	Thermomètre mouillé ( <i>Wet Bulb</i> )

## 4 Prérequis (paramètres de conception) pour l'unité HVAC

### 4.1 Généralités

Les paramètres de conception doivent être clairement spécifiés dans la spécification technique afin que le fabricant de l'unité HVAC puisse concevoir et construire l'unité HVAC répondant aux exigences des clients.

Le présent article donne un aperçu des paramètres de conception qu'il convient de spécifier selon les bonnes pratiques d'ingénierie, dont les paramètres pour calculer la consommation énergétique annuelle totale et l'efficacité énergétique annuelle totale de l'unité HVAC. L'efficacité énergétique annuelle totale est un paramètre important, car dans la plupart des cas, le système HVAC est le deuxième plus grand consommateur d'énergie sur le train après le système de traction.

### 4.2 Paramètres de conception à fournir au fabricant de l'unité HVAC

#### 4.2.1 Exigences pour l'installation d'unités HVAC

A minima, les exigences de conception suivantes doivent être fournies:

- type du véhicule ferroviaire (à grande vitesse, de banlieue, Cat. 1, Cat. 2, Cat. 3 dans l'ISO 19659-2);
- type de l'unité HVAC (compacte, split dans l'ISO 19659-1);
- emplacement de l'unité HVAC (montée sur le toit, encastrée dans le toit, montée au plafond, montée sur le sol, montée sous le sol dans l'ISO 19659-1);
- nombre d'unités HVAC par véhicule ferroviaire.

Ces paramètres de conception sont récapitulés dans le [Tableau A.1](#).

#### 4.2.2 Exigences relatives au débit d'air

##### 4.2.2.1 Débit volumique

Les paramètres de conception suivants doivent être pris en compte pour les exigences relatives aux flux d'air:

- a) débit volumique d'air neuf
  - débit volumique d'air neuf par personne selon les conditions de fonctionnement telles que spécifiées dans une norme nationale ou régionale pertinente ou, à défaut, dans l'ISO 19659-2,

- nombre de passagers (normal et maximum);

NOTE Si le mode de refroidissement gratuit est requis, le débit volumique d'air neuf peut être plus élevé. Le mode de refroidissement gratuit est spécifié dans l'ISO 19659-1.

- b) débit volumique d'air soufflé, basé sur les apports thermiques suivants

- transfert de chaleur (y compris le vitrage),
- émission de chaleur par une personne spécifiée dans l'ISO 19659-2,
- air neuf (spécifié dans l'ISO 19659-1) (ventilation),
- infiltration d'air par les cycles d'ouverture des portes passagers,
- rayonnement solaire (vitrages et surfaces opaques) spécifié dans l'ISO 19659-2,
- émission de chaleur par les ventilateurs d'alimentation et autres équipements spécifiés dans l'ISO 19659-2,
- éclairage et apports thermiques internes divers spécifiés dans l'ISO 19659-2;

- c) débit volumique d'air repris;

- d) débit volumique d'air extrait: débit volumique d'air devant être extrait des armoires techniques, WC, cuisines, etc. pour compenser les débits volumiques d'air neuf dans le but de maintenir la pression intérieure requise dans le véhicule;

- e) débit volumique d'air d'infiltration.

Ces paramètres de conception sont récapitulés dans le [Tableau A.2](#).

#### 4.2.2.2 Pression de refoulement au niveau des interfaces aérauliques

Les paramètres de conception suivants doivent être pris en compte pour la pression de refoulement aux interfaces aérauliques:

- a) pression de refoulement de l'entrée d'air neuf

- perte de pression à travers les conduits,
- type et efficacité des filtres à air en [4.2.8](#),
- état du filtre (propre ou sale),
- contamination externe,
- séparateur de gouttelettes ou de brouillard,
- action des volets,
- pression de refoulement due à la vitesse du train, particulièrement en cas de train à grande vitesse,
- pression de refoulement due à d'autres équipements;

- b) pression de refoulement de la sortie d'air soufflé

- perte de pression à travers les conduits,
- action des volets,
- friction des pièces mécaniques,
- diffuseurs,

- pression interne du véhicule;
- c) pression de refoulement de l'entrée d'air repris
  - perte de pression à travers les conduits,
  - type et efficacité des filtres à air en [4.2.8](#),
  - état du filtre (propre ou sale),
  - contamination interne,
  - action des volets,
  - pression interne du véhicule;
- d) pression de refoulement de l'air extrait, le cas échéant
  - perte de pression à travers les conduits,
  - pression de refoulement due à la vitesse du train, particulièrement en cas de train à grande vitesse,
  - pression de refoulement due à d'autres équipements,
  - action des volets,
  - pression interne du véhicule.

Ces paramètres de conception sont récapitulés dans le [Tableau A.2](#).

#### 4.2.2.3 Répartition des flux d'air

La répartition des débits d'air (uniformité de la vitesse de l'air, température), par exemple, à la (aux) sortie(s) de débit d'air soufflé, doit être prise en compte.

Ce paramètre de conception est récapitulé dans le [Tableau A.2](#).

### 4.2.3 Exigences de performance de refroidissement et de chauffage

#### 4.2.3.1 Exigences communes

Les conditions de conception doivent être spécifiées comme décrit dans l'ISO 19659-2:

- a) conditions de conception extérieures:
  - température et humidité relative correspondante,
  - rayonnement solaire,
  - altitude,
  - vitesse du train;
- b) conditions extérieures extrêmes;
- c) débit volumique d'air neuf;
- d) conditions de conception intérieures:
  - température et humidité relative maximale correspondante,
  - charges latentes et sensibles.

L'impact thermique des autres systèmes installés sur le train et de l'infrastructure sur le système HVAC doit être spécifié et pris en compte.

NOTE Les autres systèmes comprennent par exemple les résistances de freinage, le système de refroidissement des batteries et le convertisseur de traction. Un exemple pour l'infrastructure serait le recyclage de l'air expulsé dû au tunnel ou quai de la gare.

Il convient de spécifier la consommation d'énergie annuelle totale maximale et la consommation de puissance maximale de l'unité HVAC.

Ces paramètres de conception sont récapitulés dans le [Tableau A.3](#).

Sur la base de ce qui précède et des données de la voiture, les informations pour la conception et les essais de l'unité HVAC doivent être dérivées.

#### 4.2.3.2 Exigences de performance de refroidissement

Les paramètres de conception de [4.2.3.1](#) et les paramètres de conception suivantes doivent être fournis:

- a) conditions extérieures (température de l'air et humidité relative): point de conception, point de fonctionnement maximum, point de fonctionnement minimum;
- b) condition de l'air mélangé ou de l'air intérieur (température de l'air et humidité relative): point de conception, point de fonctionnement maximum, point de fonctionnement minimum;
- c) capacité de réfrigération (capacité de réfrigération totale et capacité de réfrigération sensible) ou condition de l'air soufflé (en combinaison avec le débit volumique d'air soufflé de [4.2.2](#)). Si une capacité de réfrigération différente est nécessaire pour le mode de pré-réfrigération, le mode dégradé, le mode de refroidissement gratuit ou toute autre condition, il convient de spécifier la capacité de réfrigération et les conditions;
- d) température de l'air local (si différente de la valeur extérieure)
  - entrée d'air neuf;
  - entrée d'air de l'échangeur de chaleur extérieur;
- e) information sur les conditions si le système contient des réchauffeurs pour contrôler le niveau d'humidité maximum à l'intérieur;
- f) condition du filtre (propre ou sale), par exemple 20 % de la surface couverte, 10 % de réduction du débit volumique d'air, simulation de la chute de pression maximale autorisée à un débit volumique d'air nominal;
- g) état des échangeurs de chaleur (propres ou sales), par exemple 20 % de la surface couverte, 10 % de réduction du débit volumique d'air;
- h) chute de pression causée par la vitesse du débit d'air extérieur ou d'autres facteurs affectant la chute de pression totale de la zone de l'échangeur de chaleur extérieur dans l'unité HVAC;
- i) point de fonctionnement supplémentaire pour calculer la consommation d'énergie annuelle totale par l'unité HVAC, le cas échéant (voir l'ISO 19659-3).

Ces paramètres de conception sont récapitulés dans le [Tableau A.3](#).

#### 4.2.3.3 Exigences de performance de chauffage (type chauffage électrique)

Les paramètres de conception de [4.2.3.1](#) et les paramètres de conception suivants doivent être fournis:

- a) conditions extérieures (température de l'air): point de conception, point de fonctionnement maximal;
- b) condition de l'air mélangé ou de l'air intérieur (température de l'air): point de conception, point de fonctionnement maximal;

- c) capacité de chauffage ou condition de l'air soufflé (en combinaison avec le débit volumique d'air soufflé de 4.2.2). Si une capacité de chauffage différente est requise pour le mode de préchauffage, le mode dégradé ou toute autre condition, il convient de spécifier la capacité et les conditions de chauffage;

NOTE La capacité de chauffage peut être assurée par d'autres équipements tels qu'un chauffage électrique installé sous le siège du passager. La capacité de chauffage pour la conception de l'unité HVAC est la capacité requise uniquement pour l'unité HVAC.

- d) température de l'air local (si différente de la valeur extérieure): entrée d'air neuf;
- e) état du filtre (propre ou sale);
- f) température maximale admissible du conduit;
- g) point de fonctionnement supplémentaire pour calculer la consommation d'énergie annuelle totale par l'unité HVAC, le cas échéant (voir l'ISO 19659-3);
- h) informations sur le système de récupération de chaleur des gaz d'échappement (schéma du système, fonctionnement, etc.) pour fonctionner en coopération avec l'unité HVAC, si existant.

Ces paramètres de conception sont récapitulés dans le [Tableau A.3](#).

#### 4.2.3.4 Exigences de performance de chauffage (type pompe à chaleur)

Les paramètres de conception de 4.2.3.1 et les paramètres de conception suivants doivent être fournis:

- a) conditions extérieures (température de l'air et humidité relative): point de conception, point de fonctionnement maximum, point de fonctionnement minimum;

NOTE 1 L'humidité relative concerne uniquement l'échangeur de chaleur extérieur.

- b) condition de l'air mélangé ou de l'air intérieur (température de l'air): point de conception, point de fonctionnement maximum, point de fonctionnement minimum;
- c) capacité de chauffage ou condition de l'air soufflé (en combinaison avec le débit volumique d'air soufflé en 4.2.2);

NOTE 2 La capacité de chauffage peut être assurée par d'autres équipements tels que des chauffages électriques installés sous le siège du passager. La capacité de chauffage à fournir en tant que paramètre de conception de l'unité HVAC est la capacité requise uniquement pour l'unité HVAC.

Si une capacité de chauffage différente est requise pour le mode de préchauffage, le mode dégradé ou toute autre condition, il convient de spécifier la capacité de chauffage et les conditions.

- d) température de l'air local (si différente de la valeur extérieure):
- entrée d'air neuf,
  - entrée d'air de l'échangeur de chaleur extérieur;
- e) état du filtre (propre ou sale);
- f) température maximale admissible du conduit;
- g) état des échangeurs de chaleur (propres ou sales);
- h) chute de pression causée par la vitesse du débit d'air extérieur ou d'autres facteurs affectant la chute de pression totale de la zone de l'échangeur de chaleur extérieur dans l'unité HVAC;
- i) point de fonctionnement supplémentaire pour calculer la consommation d'énergie annuelle totale par l'unité HVAC, le cas échéant (voir l'ISO 19659-3);
- j) informations sur le système de récupération de chaleur des gaz d'échappement (schéma du système, fonctionnement, etc.) pour fonctionner en coopération avec l'unité HVAC, si existant.

Ces paramètres de conception sont récapitulés dans le [Tableau A.3](#).

#### 4.2.4 Exigences électriques et électroniques

##### 4.2.4.1 Général

Le paragraphe 4.2.4 couvre l'utilisation d'équipements électriques et électroniques embarqués à l'intérieur de l'unité HVAC installée sur le matériel roulant.

L'équipement électronique et électrique à l'intérieur de l'unité HVAC doit être conçu et fabriqué pour répondre aux exigences complètes des spécifications de performance pour les températures réelles survenant à l'emplacement de l'équipement concerné. La conception doit prendre en compte les augmentations de température à l'intérieur des armoires électriques pour garantir que les composants ne dépassent pas leurs spécifications de température.

##### 4.2.4.2 Exigence électronique

###### 4.2.4.2.1 Généralités

Les machines électriques produisent des interférences électromagnétiques. Par conséquent, il est important de réduire celles-ci autant que possible afin d'éviter le dysfonctionnement des autres dispositifs électriques et électroniques sensibles, par exemple, des autres équipements électroniques et électriques dans le train ou des émetteurs radio portatifs.

L'essai CEM à appliquer (par exemple, IEC 62236-3-2 ou autre norme équivalente) doit être spécifié.

Ces paramètres de conception sont récapitulés dans le [Tableau A.4](#).

###### 4.2.4.2.2 Exigences d'immunité

Les composants électroniques à l'intérieur de l'unité HVAC doivent être immunisés contre les transitoires rapides spécifiés, les surtensions, les décharges électrostatiques et les fréquences radio.

###### 4.2.4.2.3 Exigences d'émission

Les perturbations conduites et rayonnées générées par les composants électroniques à l'intérieur de l'unité HVAC doivent respecter les limites d'émission spécifiées.

##### 4.2.4.3 Alimentation électrique

###### 4.2.4.3.1 Alimentation par batterie

Pour les équipements alimentés par une batterie, les paramètres de conception suivants doivent être fournis:

- tension nominale et tension assignée,
- tension minimale et maximale pendant un intervalle de temps spécifique,
- facteur d'ondulation en courant continu,
- interruptions de tension à prendre en compte (fréquence et durée),
- consommation d'énergie admissible pour l'unité HVAC (alimentation normale, alimentation réduite) dans différentes conditions (par exemple, conditions de conception, conditions extrêmes et ventilation d'urgence),
- consommation électrique admissible pour l'unité HVAC dans les points opérationnels de la matrice de points opérationnels pour le calcul de la consommation énergétique annuelle totale.

Ces paramètres de conception sont récapitulés dans le [Tableau A.4](#).

#### 4.2.4.3.2 Alimentation par un convertisseur statique ou un générateur indépendant

Pour l'équipement alimenté par un convertisseur statique ou un ensemble tournant, les paramètres de conception suivantes doivent être fournis:

- tension nominale et tension assignée,
- tension minimale et maximale pendant un intervalle de temps spécifique,
- nombre de phases et disponibilité de la ligne neutre,
- fréquence fondamentale et tolérance,
- harmoniques,
- déséquilibre maximal autorisé,
- facteur de puissance minimal autorisé,
- interruptions de tension à prendre en compte (fréquence et durée),
- courant d'appel maximal,
- consommation de puissance réelle et apparente autorisée pour l'unité HVAC (alimentation normale, alimentation réduite) dans différentes conditions (par exemple, conditions de conception, conditions extrêmes et ventilation d'urgence) en kW et kVA,
- consommation électrique admissible pour l'unité HVAC dans les points opérationnels de la matrice de points opérationnels pour le calcul de la consommation énergétique annuelle totale.

Ces paramètres de conception sont récapitulés dans le [Tableau A.4](#).

#### 4.2.4.3.3 Alimentation par caténaire ou par troisième rail

Pour les équipements pour lesquels l'alimentation électrique est directement tirée de la caténaire ou du troisième rail, l'alimentation doit être conforme à l'IEC 60850 ou à toute autre norme équivalente.

Les informations suivantes doivent être fournies:

- tension nominale et tension assignée,
- tension minimale et maximale pendant un intervalle de temps spécifique,
- interruptions de tension à prendre en compte (fréquence et durée),
- consommation électrique admissible pour l'unité HVAC (alimentation normale, alimentation réduite) dans différentes conditions (par exemple, conditions de conception, conditions extrêmes),
- consommation électrique admissible pour l'unité HVAC dans les points opérationnels de la matrice de points opérationnels pour le calcul de la consommation énergétique annuelle totale.

Ces éléments sont récapitulés dans le [Tableau A.4](#).

#### 4.2.4.4 Autres paramètres de conception

En outre, les paramètres de conception doivent être fournis:

- tensions d'essai diélectrique pour la tension d'isolation assignée,
- résistance d'isolement électrique,
- impédance maximale ou section transversale minimale de la mise à la terre de la caténaire (pour les équipements montés sur le toit avec caténaire).